

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. Juli 2005 (21.07.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/066478 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02D 41/20**,  
41/34, 41/40

[AT/DE]; Lindenweg 3, 93188 Pienzenhofen (DE). **WAG-  
NER, Joachim** [DE/DE]; Weiherstrasse 10, 92345 Dietfurt  
a.d. Altmühl (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/050096

(74) **Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Januar 2005 (11.01.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 001 676.3 12. Januar 2004 (12.01.2004) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

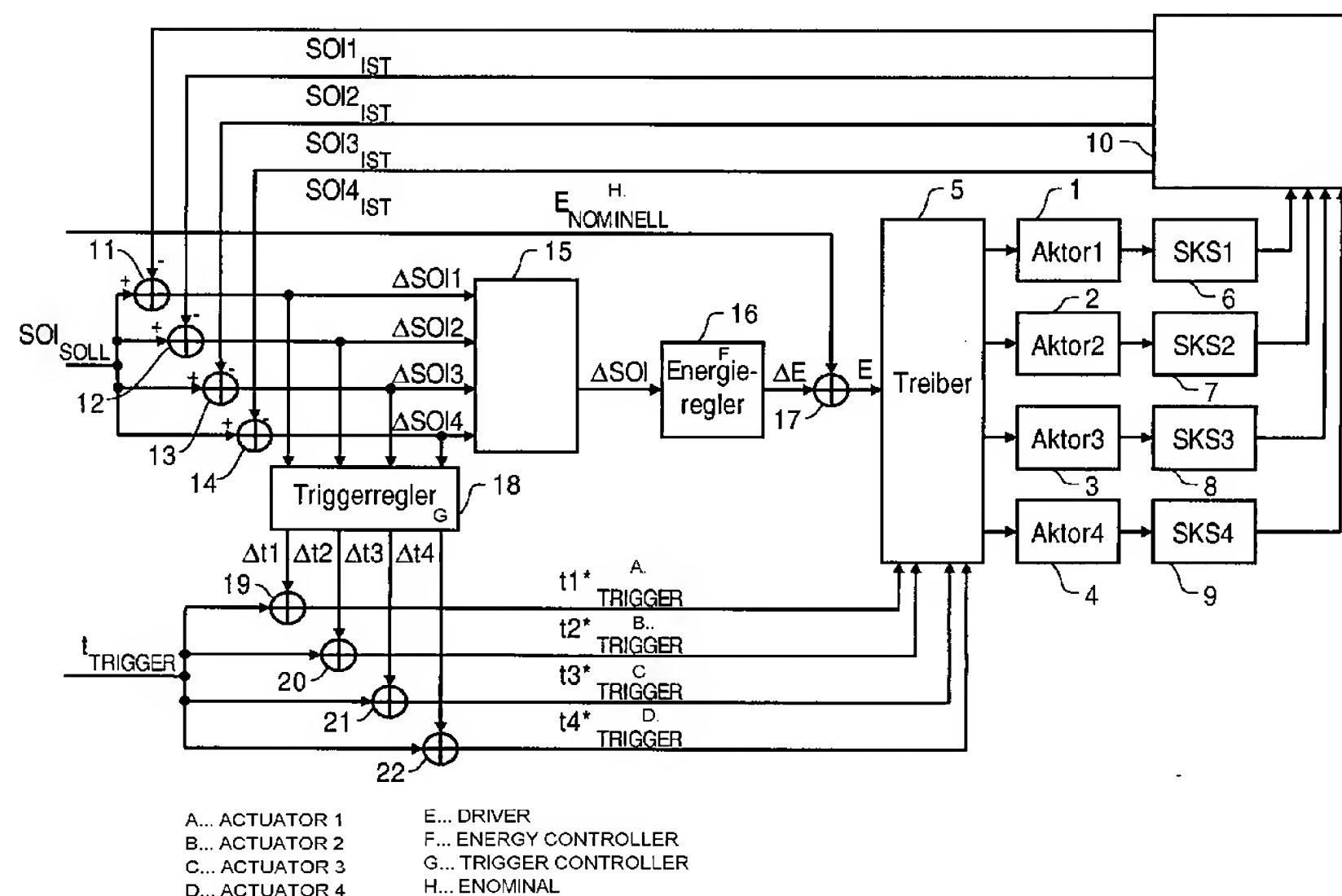
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **SCHÜRZ, Willibald**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** CONTROL METHOD AND CONTROL DEVICE FOR AN ACTUATOR

(54) **Bezeichnung:** REGELUNGSVERFAHREN UND REGELUNGSEINRICHTUNG FÜR EINEN AKTOR



(57) **Abstract:** The invention relates to a control method for an actuator (1-4) of an injector of a fuel injection system in an internal combustion engine. Said method comprises the following steps: specification of a target value ( $SOI_{SOLL}$ ) for the start of the injection; electric control of the actuator (1-4) at a specific trigger time ( $t_{TRIGGER}$ ) with a specific actuator energy ( $E$ ); detection of an actual value ( $SOI_{1IST}$ ,  $SOI_{2IST}$ ,  $SOI_{3IST}$ ,  $SOI_{4IST}$ ) at the start of the injection; determination of the deviation between the target and actual values ( $\Delta SOI_1$ ,  $\Delta SOI_2$ ,  $\Delta SOI_3$ ,  $\Delta SOI_4$ ) at the start of the injection; and adjustment of the actuator energy ( $E$ ) in accordance with the deviation between the target and actual values ( $\Delta SOI_1$ ,  $\Delta SOI_2$ ,  $\Delta SOI_3$ ,  $\Delta SOI_4$ ) at the start of the injection to control the start of said injection.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/066478 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Regelungsverfahren für einen Aktor (1-4) eines Injektors einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine, mit den folgenden Schritten: Vorgabe eines Sollwerts ( $SOI_{SOLL}$ ) für den Einspritzbeginn; Elektrische Ansteuerung des Aktors (1-4) zu einem bestimmten Triggerzeitpunkt ( $t_{TRIGGER}$ ) mit einer bestimmten Aktorenergie (E); Erfassung eines Istwerts ( $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$ ,  $SOI4_{IST}$ ) des Einspritzbeginns; Ermittlung einer Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  $\Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns; sowie Einstellung der Aktorenergie (E) in Abhängigkeit von der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  $\Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns zur Regelung des Einspritzbeginns.

## Beschreibung

## Regelungsverfahren und Regelungseinrichtung für einen Aktor

5 Die Erfindung betrifft ein Regelungsverfahren für einen Aktor eines Injektors einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine entsprechende Regelungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 11.

10

In modernen Einspritzanlagen für Brennkraftmaschinen werden die Injektoren zunehmend durch Piezoaktoren angesteuert, die im Vergleich zu herkömmlichen elektromagnetischen Aktoren ein dynamischeres Stellverhalten aufweisen. Die einzelnen Piezo-

15 aktoren werden hierbei entsprechend einem vorgegebenen Einspritzbeginn (engl. SOI - Start of Injection) zu einem bestimmten Triggerzeitpunkt mit einer bestimmten Aktorenergie angesteuert, um den gewünschten Einspritzbeginn einzustellen. Hierbei ist zu beachten, dass die Kraftübertragung von dem

20 Piezoaktor auf die Ventilmadel des Injektors verzögerungsbehaftet ist, so dass zwischen dem Triggerzeitpunkt des elektrischen Steuersignals für den Piezoaktor und dem anschließenden Einspritzbeginn eine bauartspezifische Verzögerungszeit liegt.

25

Problematisch hierbei ist die Tatsache, dass die Verzögerungszeit zwischen dem Triggerzeitpunkt des elektrischen Steuersignals für den Aktor und dem anschließenden Einspritzbeginn aufgrund von mechanischen und elektrischen Toleranzen

30 Schwankungen unterliegt, was zu Fehlern bei der Einstellung des Einspritzbeginns führen kann.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Regelungsverfahren und eine entsprechende Regelungseinrichtung zu schaffen, um mechanische und elektrische Toleranzen der Verzögerungszeit zwischen dem Triggerzeitpunkt des elektrischen Steuersignals für den Aktor und dem anschließenden Einspritzbeginn auszuregeln.

Diese Aufgabe wird durch ein Regelungsverfahren gemäß Anspruch 1 und durch eine Regelungseinrichtung gemäß Anspruch 11 gelöst.

Die Erfindung umfasst die allgemeine technische Lehre, die bei der Ansteuerung des Aktors aufgebrauchte Aktorenergie einzustellen, um den Einspritzbeginn auf einen vorgegebenen Sollwert einzuregeln. Falls beispielsweise der tatsächliche Einspritzbeginn zeitlich nach dem vorgegebenen Sollwert für den Einspritzbeginn liegt, so wird die Aktorenergie im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung vorzugsweise erhöht, um den tatsächlichen Einspritzbeginn zeitlich vorzuverlegen. Falls der tatsächliche Einspritzbeginn dagegen zeitlich vor dem Sollwert für den Einspritzbeginn liegt, so wird die Aktorenergie im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung vorzugsweise verringert, um den Einspritzbeginn zeitlich nach hinten zu verlegen.

Vorzugsweise erfolgt die Regelung gemeinsam für mehrere Aktoren, indem die Aktorenergie gemeinsam für mehrere Aktoren eingestellt wird. Beispielsweise kann die Aktorenergie für sämtliche Aktoren einer Brennkraftmaschine im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung gemeinsam eingestellt werden, um den gewünschten Einspritzbeginn zu erreichen. Es ist jedoch alternativ auch möglich, dass die Brennkraftmaschine mehrere

Zylinderbänke aufweist, wobei die Aktorenergie für die Aktoren einer Zylinderbank jeweils gemeinsam eingestellt wird.

Die gemeinsame Einstellung der Aktorenergie für mehrere Aktoren bietet den Vorteil, dass eine kostengünstige Endstufe (LC statt CC) eingesetzt werden kann.

10 Bei der gemeinsamen Einstellung der Aktorenergie für mehrere Aktoren können im Rahmen der Energieregulation naturgemäß keine aktorspezifischen Abweichungen berücksichtigt werden. Bei einer Einstellung der Aktorenergie gemeinsam für mehrere Aktoren besteht das Regelungsziel deshalb vorzugsweise darin, die  
15 mittlere Soll-Ist-Abweichung des Einspritzbeginns über die einzelnen Aktoren zu minimieren. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Regelungsverfahrens wird deshalb vorzugsweise die mittlere Soll-Ist-Abweichung des Einspritzbeginns für die gemeinsam angesteuerten Injektoren ermittelt, wobei die Einstellung  
20 der Aktorenergie in Abhängigkeit von der ermittelten Soll-Ist-Abweichung erfolgt.

Es ist jedoch im Rahmen der Erfindung auch möglich, dass die Regelung individuell für jeweils einen von mehreren Aktoren  
25 erfolgt, wobei die Aktorenergie jeweils aktorspezifisch eingestellt wird. Eine derartige individuelle Einstellung der Aktorenergie bietet den Vorteil, dass auch aktorspezifische Abweichungen berücksichtigt werden können.

30 Bei der vorstehend beschriebenen gemeinsamen Einstellung der Aktorenergie für mehrere Aktoren können aktorspezifische Abweichungen dadurch berücksichtigt werden, dass zusätzlich zu der Energieregulation auch der Triggerzeitpunkt des elektri-

schen Steuersignals für die Aktoren aktorindividuell eingestellt wird. Die erfindungsgemäße Regeleinrichtung weist deshalb vorzugsweise zwei Regelschleifen auf, wobei die eine Regelschleife die Aktorenergie kollektiv für mehrere Aktoren  
5 einstellt, während die andere Regelschleife den Triggerzeitpunkt des elektrischen Steuersignals aktorindividuell einstellt. Beide Regelschleifen gehen hierbei vorzugsweise von der Soll-Ist-Abweichung des Einspritzbeginns aus.

10 Die Bestimmung des Ist-Wertes des Einspritzbeginns kann im Rahmen der Erfindung beispielsweise mittels eines Sitzkontaktschalters erfolgen, der die Düsennadelstellung des Injektors erfasst. Derartige Sitzkontaktschalter sind dem Fachmann bekannt und werden deshalb in der folgenden Beschreibung  
15 nicht näher erläutert.

Ferner ist zu erwähnen, dass die Einstellung der Aktorenergie im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung zeitdiskret und/oder wertdiskret erfolgen kann. Bei einer zeitdiskreten Einstellung  
20 lung der Aktorenergie erfolgt die Änderung der Aktorenergie vorzugsweise diskontinuierlich zwischen aufeinander folgenden Einspritzvorgängen, wobei die Aktorenergie jeweils nach einem oder mehreren Einspritzvorgängen neu eingestellt werden kann. Bei einer wertdiskreten Einstellung der Aktorenergie erfolgt  
25 dagegen eine diskontinuierliche gestufte Einstellung der Aktorenergie, was beispielsweise bei Digitalreglern ohnehin üblich ist.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den  
30 Unteransprüchen gekennzeichnet oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:



Fig. 1 ein regelungstechnisches Ersatzschaltbild einer erfindungsgemäßen Regelungseinrichtung für mehrere Piezoaktoren einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine sowie

5

Fig. 2 ein regelungstechnisches Ersatzschaltbild eines alternativen Ausführungsbeispiels.

Das regelungstechnische Ersatzschaltbild in Figur 1 verdeutlicht das erfindungsgemäße Regelungsverfahren für vier Piezoaktoren 1-4, die in jeweils einem Injektor einer Einspritzanlage die Bewegung der jeweiligen Ventilnadel steuern.

Die elektrische Ansteuerung der Piezoaktoren 1-4 erfolgt hierbei durch eine Treiberschaltung 5, die herkömmlich ausgebildet sein kann und deshalb hier nicht weiter beschrieben wird.

Den einzelnen Piezoaktoren 1-4 ist hierbei jeweils ein Sitzkontaktschalter 6-9 zugeordnet, wobei die einzelnen Sitzkontaktschalter 6-9 die Stellung der Ventilnadel der von den Piezoaktoren 1-4 angesteuerten Injektoren erfassen.

Ausgangsseitig sind die Sitzkontaktschalter 6-9 mit einer Auswertungseinheit 10 verbunden, die aus den Ausgangssignalen der Sitzkontaktschalter 6-9 den tatsächlichen Einspritzbeginn  $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$ ,  $SOI4_{IST}$  der einzelnen Injektoren ermittelt.

Eingangsseitig erhält die erfindungsgemäße Regelungseinrichtung einen Sollwert  $SOI_{SOLL}$  für den Einspritzbeginn, wobei der Sollwert  $SOI_{SOLL}$  beispielsweise durch ein mehrdimensionales Kennfeld ermittelt werden kann, das hier zur Vereinfachung nicht dargestellt ist und beispielsweise in der elektroni-

schen Motorsteuerung (ECU - Electronic Control Unit) realisiert sein kann. Als Eingangsgrößen für die Bestimmung des Sollwertes  $SOI_{SOLL}$  kann das mehrdimensionale Kennfeld beispielsweise Betriebsgrößen, wie die Drehzahl oder die mechanische Last, der Brennkraftmaschine berücksichtigen.

Der vorgegebene Sollwert  $SOI_{SOLL}$  wird zusammen mit den IST-Werten  $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$ , bzw.  $SOI4_{IST}$  jeweils einem Subtrahierer 11, 12, 13, 14 zugeführt, wobei die Subtrahierer 11-14 jeweils eine Soll-Ist-Abweichung  $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$  bzw.  $\Delta SOI4$  berechnen. Die Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$  und  $\Delta SOI4$  geben hierbei jeweils an, um welche Zeitspanne der tatsächliche Einspritzbeginn  $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$  bzw.  $SOI4_{IST}$  der von den Piezoaktoren 1-4 angesteuerten Injektoren von dem vorgegebenen Sollwert  $SOI_{SOLL}$  abweicht.

Die Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$  und  $\Delta SOI4$  der einzelnen Injektoren werden einer Recheneinheit 15 zugeführt, die einen Mittelwert  $\Delta SOI$  der einzelnen Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$  und  $\Delta SOI4$  berechnet.

Dieser Mittelwert  $\Delta SOI$  wird dann einem Energieregler 16 zugeführt, der in Abhängigkeit von dem Mittelwert  $\Delta SOI$  einen Korrekturwert  $\Delta E$  bestimmt, um den Mittelwert  $\Delta SOI$  zu minimieren, wie noch beschrieben wird.

Ausgangsseitig ist der Energieregler 16 mit einem Addierer 17 verbunden, der als zusätzliche Eingangsgröße eingangsseitig einen vorgegebenen nominellen Wert  $E_{NOMINELL}$  für die Aktorenergie erhält.



- Der Addierer 17 ist ausgangsseitig mit der Treiberschaltung 5 verbunden, die somit als Eingangsgröße die Summe aus der nominellen Aktorenergie  $E_{\text{NOMINELL}}$  und dem Korrekturwert  $\Delta E$  erhält, woraufhin die Treiberschaltung 5 die Piezoaktoren 1-4 mit der korrigierten Aktorenergie  $E$  ansteuert. Der Energie-  
regler 16 berechnet den Korrekturwert  $\Delta E$  so, dass der Mittelwert  $\Delta \text{SOI}$  der Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta \text{SOI1}$ ,  $\Delta \text{SOI2}$ ,  $\Delta \text{SOI3}$  und  $\Delta \text{SOI4}$  minimal wird.
- 10 Hierbei ist zu erwähnen, dass die Aktorenergie  $E$  im Rahmen dieser Regelung für sämtliche Piezoaktoren 1-4 gemeinsam eingestellt wird, so dass die Treiberschaltung 5 aus einer kostengünstigen Endstufe (LC statt CC) bestehen kann.
- 15 Darüber hinaus sind die Subtrahierer 11-14 mit einem Triggerregler 18 verbunden, um die aktorspezifischen Abweichungen zwischen dem vorgegebenen Sollwert  $\text{SOI}_{\text{SOLL}}$  und den einzelnen Ist-Werten  $\text{SOI1}_{\text{IST}}$ ,  $\text{SOI2}_{\text{IST}}$ ,  $\text{SOI3}_{\text{IST}}$  und  $\text{SOI4}_{\text{IST}}$  auszuregeln. Der Triggerregler 18 berechnet deshalb in Abhängigkeit von den  
20 aktorspezifischen Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta \text{SOI1}$ ,  $\Delta \text{SOI2}$ ,  $\Delta \text{SOI3}$  und  $\Delta \text{SOI4}$  Korrekturwerte  $\Delta t1$ ,  $\Delta t2$ ,  $\Delta t3$  und  $\Delta t4$  für den Triggerzeitpunkt, zu dem die elektrische Ansteuerung der Piezoaktoren 1-4 beginnt.
- 25 Ausgangsseitig ist der Triggerregler 18 mit 4 Addierern 19-22 verbunden, die die Korrekturwerte  $\Delta t1$ ,  $\Delta t2$ ,  $\Delta t3$ ,  $\Delta t4$  zu einem vorgegebenen Triggerzeitpunkt  $t_{\text{TRIGGER}}$  addieren und entsprechende aktorspezifische Triggerzeitpunkte  $t1^*_{\text{TRIGGER}}$ ,  $t2^*_{\text{TRIGGER}}$ ,  $t3^*_{\text{TRIGGER}}$  und  $t4^*_{\text{TRIGGER}}$  berechnen und diese der Trei-  
30 berschaltung 5 zuführen, welche die Piezoaktoren 1-4 entsprechend ansteuert. Die erfindungsgemäße Regeleinrichtung weist also eine zweite Regelschleife auf, in der die Triggerzeit-

punkte für die einzelnen Piezoaktoren 1-4 individuell eingestellt werden, wodurch aktorspezifische Abweichungen berücksichtigt werden.

5 Das in Figur 2 dargestellte alternative Ausführungsbeispiel stimmt weitgehend mit dem vorstehend beschriebenen und in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel überein, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen weitgehend auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird und für entsprechende Bauteile im  
10 Folgenden dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

Eine Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, dass die Energieregulierung ebenfalls individuell für jeden der Piezoaktoren 1-4 erfolgt.

15 Entsprechend sind auch vier Energieregler 16.1-16.4 und entsprechend vier nachgeschaltete Addierer 17.1-17.4 vorgesehen, wobei die Addierer 17.1-17.4 die korrigierten Aktorenergien E1, E2, E3, E4 individuell für vier Treiberschaltungen 5.1-  
20 5.4 bestimmen.

Bei diesem Ausführungsbeispiel erfolgt also sowohl eine Einstellung des Triggerzeitpunkts als auch eine Einstellung der Aktorenergie individuell für jeden der Piezoaktoren 1-4, wo-  
25 durch aktorspezifische Abweichungen noch besser berücksichtigt werden.

Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist eine  
30 Vielzahl von Varianten und Abwandlungen möglich, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen und deshalb in den Schutzbereich fallen.

## Patentansprüche

1. Regelungsverfahren für einen Aktor (1-4) eines Injektors einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine, mit den  
5 folgenden Schritten:

- Vorgabe eines Sollwerts ( $SOI_{SOLL}$ ) für den Einspritzbeginn,
- Elektrische Ansteuerung des Aktors (1-4) zu einem bestimmten Triggerzeitpunkt ( $t_{TRIGGER}$ ) mit einer bestimmten Aktorenergie (E),

10 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
folgende Schritte:

- Erfassung eines Istwerts ( $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$ ,  $SOI4_{IST}$ ) des Einspritzbeginns,
- Ermittlung einer Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  
15  $\Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns,
- Einstellung der Aktorenergie (E) in Abhängigkeit von der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  $\Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns zur Regelung des Einspritzbeginns.

20 2. Regelungsverfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Regelung gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4) erfolgt, indem die Aktorenergie (E) gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4) eingestellt wird.

25

3. Regelungsverfahren nach Anspruch 2,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
folgende Schritte:

- Erfassung des Istwerts ( $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$ ,  $SOI4_{IST}$ )  
30 des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),

- Ermittlung der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  $\Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),
  - Ermittlung der mittleren Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI$ ) des Einspritzbeginns für mehrere Aktoren (1-4),
  - Einstellung der Aktorenergie (E) gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4) entsprechend der mittleren Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI$ ) des Einspritzbeginns.
4. Regelungsverfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Regelung individuell für jeweils einen von mehreren Aktoren (1-4) erfolgt, wobei die Aktorenergie (E) jeweils aktorspezifisch eingestellt wird.
5. Regelungsverfahren nach Anspruch 4,  
gekennzeichnet durch  
folgende Schritte:
- Erfassung des Istwerts ( $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$ ,  $SOI4_{IST}$ ) des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),
  - Ermittlung der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  $\Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),
  - Einstellung der Aktorenergie (E) individuell für die einzelnen Aktoren (1-4) in Abhängigkeit von der jeweiligen aktorspezifischen Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  $\Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns.
6. Regelungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

dass der Triggerzeitpunkt ( $t_{\text{TRIGGER}}$ ) für die Ansteuerung der Aktoren (1-4) unabhängig von der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta\text{SOI1}$ ,  $\Delta\text{SOI2}$ ,  $\Delta\text{SOI3}$ ,  $\Delta\text{SOI4}$ ) des Einspritzbeginns eingestellt wird.

5 7. Regelungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass im Rahmen der Regelung zusätzlich zu der Einstellung der  
Aktorenergie (E) auch der Triggerzeitpunkt ( $t_{\text{TRIGGER}}$ ) in Abhän-  
gigkeit von der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta\text{SOI1}$ ,  $\Delta\text{SOI2}$ ,  $\Delta\text{SOI3}$ ,  
10  $\Delta\text{SOI4}$ ) des Einspritzbeginns eingestellt wird, um den Ein-  
spritzbeginn zu regeln.

8. Regelungsverfahren nach Anspruch 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
15 dass die Aktorenergie (E) gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4)  
eingestellt wird, während der Triggerzeitpunkt individuell  
für die einzelnen Aktoren (1-4) eingestellt wird.

9. Regelungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
20 che,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass der Istwert ( $\text{SOI1}_{\text{IST}}$ ,  $\text{SOI2}_{\text{IST}}$ ,  $\text{SOI3}_{\text{IST}}$ ,  $\text{SOI4}_{\text{IST}}$ ) des Ein-  
spritzbeginns mittels eines Sitzkontaktschalters (6-9) er-  
fasst wird, wobei der Sitzkontaktschalter (6-9) eine Düsenna-  
25 delstellung des Injektors erfasst.

10. Regelungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
30 dass die Einstellung der Aktorenergie (E) im Rahmen der Rege-  
lung zeitdiskret und/oder wertdiskret erfolgt.

11. Regelungseinrichtung für einen Aktors (1-4) eines Injek-  
tors für eine Einspritzanlage einer Brennkraftmaschine, mit  
- einem Stellglied (5, 5.1-5.4) zur elektrischen Ansteuerung  
des Aktors (1-4) zu einem bestimmten Triggerzeitpunkt  
5 (t<sub>TRIGGER</sub>) mit einer bestimmten Aktorenergie(E),  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
- eine Messeinrichtung (6-10) zur Erfassung eines Istwerts  
(SOI1<sub>IST</sub>, SOI2<sub>IST</sub>, SOI3<sub>IST</sub>, SOI4<sub>IST</sub>) des Einspritzbeginns,  
- einen ersten Regler (16, 16.1-16.4) zur Einstellung der  
10 Aktorenergie (E) in Abhängigkeit von einer Soll-Ist-  
Abweichung ( $\Delta$ SOI1,  $\Delta$ SOI2,  $\Delta$ SOI3,  $\Delta$ SOI4) zwischen dem ge-  
messenen Istwert (SOI1<sub>IST</sub>, SOI2<sub>IST</sub>, SOI3<sub>IST</sub>, SOI4<sub>IST</sub>) des Ein-  
spritzbeginns und einem vorgegebenen Sollwert (SOI<sub>SOLL</sub>) des  
Einspritzbeginns.

15

12. Regelungseinrichtung nach Anspruch 11  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Aktorenergie (E) im Rahmen der Regelung für mehrere  
Aktoren (1-4) gemeinsam einstellbar ist.

20

13. Regelungseinrichtung nach Anspruch 12,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
eine Recheneinheit (15) zur Berechnung eines Mittelwerts  
( $\Delta$ SOI) der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta$ SOI1,  $\Delta$ SOI2,  $\Delta$ SOI3,  $\Delta$ SOI4)  
25 des Einspritzbeginns für mehrere Aktoren (1-4), wobei der  
erste Regler (16) die Aktorenergie (E) für mehrere Aktoren  
(1-4) entsprechend dem Mittelwert ( $\Delta$ SOI) einstellt.

14. Regelungseinrichtung nach Anspruch 11,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Aktorenergie (E) im Rahmen der Regelung für mehrere  
Aktoren (1-4) individuell einstellbar ist.



15. Regelungseinrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
einen zweiten Regler (18) zur Einstellung des Triggerzeit-  
punkts ( $t_{\text{TRIGGER}}$ ) für die Ansteuerung des Aktors (1-4) in Ab-  
5 hängigkeit von der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta\text{SOI1}$ ,  $\Delta\text{SOI2}$ ,  $\Delta\text{SOI3}$ ,  
 $\Delta\text{SOI4}$ ) zwischen dem gemessenen Istwert ( $\text{SOI1}_{\text{IST}}$ ,  $\text{SOI2}_{\text{IST}}$ ,  
 $\text{SOI3}_{\text{IST}}$ ,  $\text{SOI4}_{\text{IST}}$ ) des Einspritzbeginns und dem vorgegebenen  
Sollwert ( $\text{SOI}_{\text{SOLL}}$ ) des Einspritzbeginns.
- 10 16. Regelungseinrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Messeinrichtung (6-10) einen Sitzkontaktschalter 6-  
9) aufweist, der eine Düsenadelstellung des Injektors er-  
fasst.

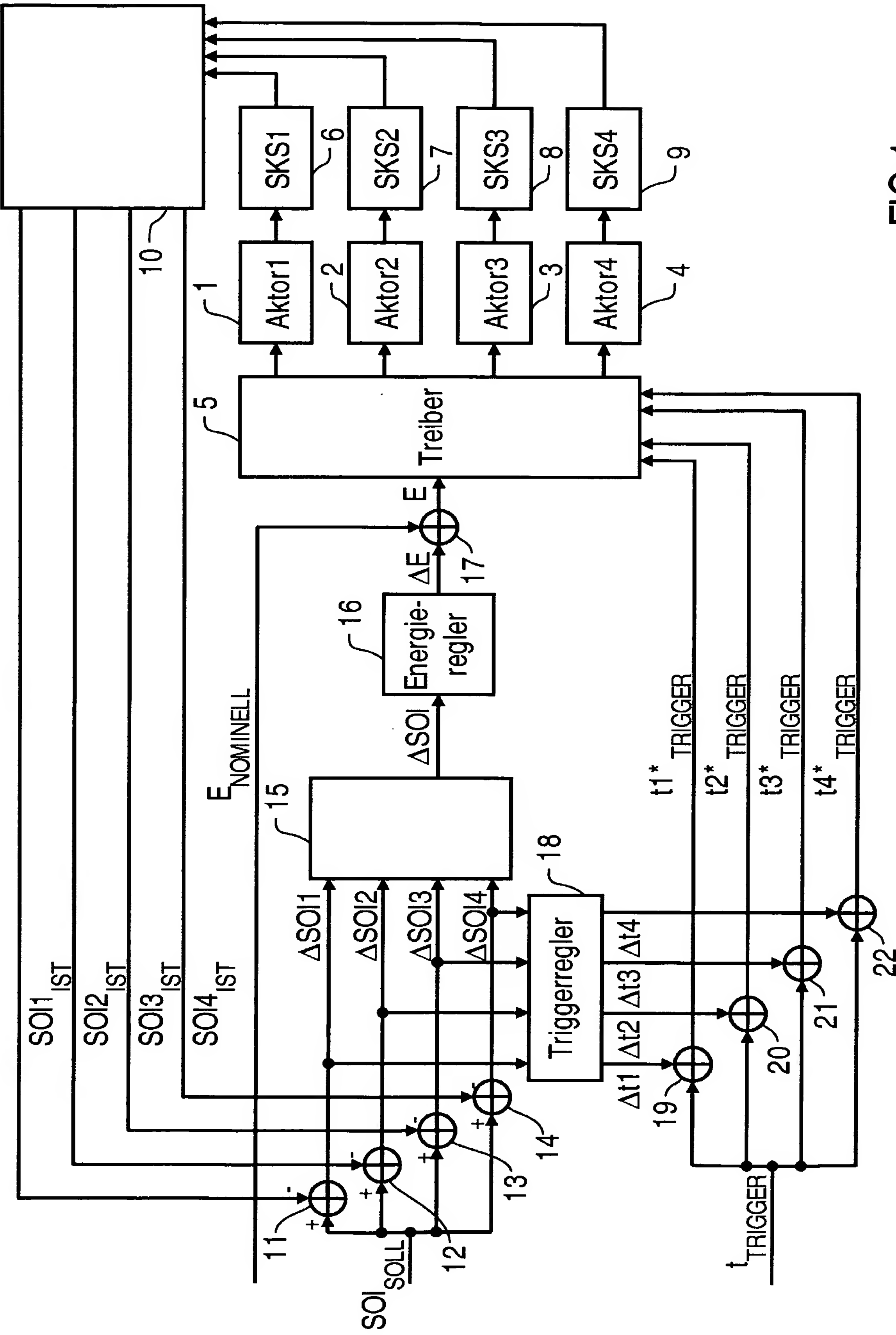


FIG 1

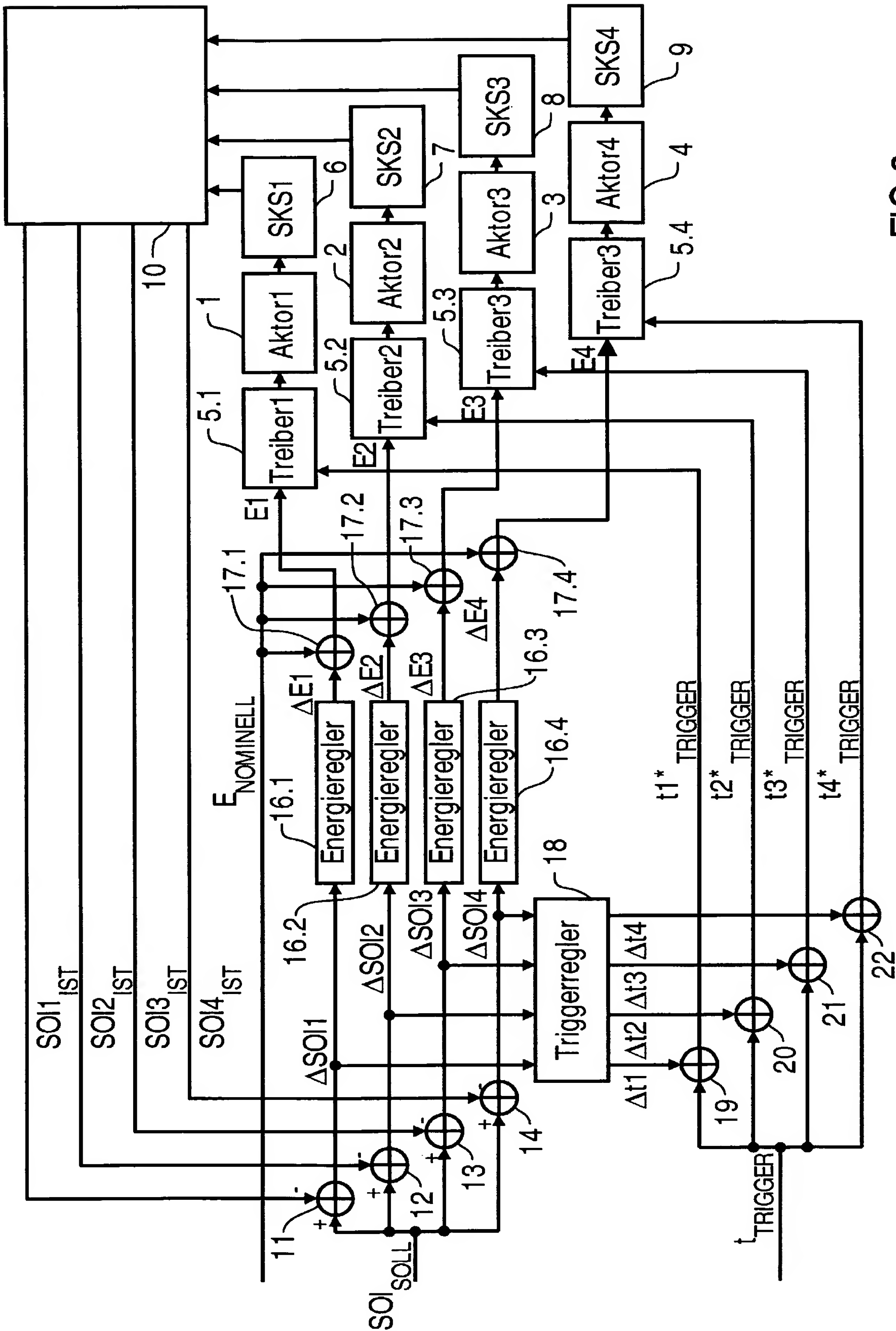


FIG 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte..... Application No  
PCT/EP2005/050096

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F02D41/20 F02D41/34 F02D41/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 138 909 A (ROBERT BOSCH GMBH) 4 October 2001 (2001-10-04) paragraphs '0005!, '0008!, '0085! - '0087!; figure 8 -----	1,11
A	DE 199 30 309 A1 (SIEMENS AG) 11 January 2001 (2001-01-11) column 1, line 52 - column 2, line 6 -----	1,11
A	DE 103 11 540 A1 (SIEMENS VDO AUTOMOTIVE CORP., AUBURN HILLS) 8 January 2004 (2004-01-08) paragraphs '0008!, '0022! - '0024!; figures 2a,2b,2c ----- -/--	1,11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 April 2005

Date of mailing of the international search report

19/04/2005

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer  
  
Pileri, P

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intel      31 Application No  
PCT/EP2005/050096

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>WO 03/081007 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; BEILHARZ, JOERG; PIRKL, RICHARD; SCHMIDT,) 2 October 2003 (2003-10-02) page 3, line 27 - line 30 page 5, line 36 - page 6, line 29 figures 3-6</p> <p>-----</p>	1, 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP2005/050096

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 1138909	A	04-10-2001	EP	1138909 A1	04-10-2001
DE 19930309	A1	11-01-2001	NONE		
DE 10311540	A1	08-01-2004	US	2003183204 A1	02-10-2003
WO 03081007	A	02-10-2003	WO	03081007 A1	02-10-2003
			EP	1488088 A1	22-12-2004



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2005/050096

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02D41/20 F02D41/34 F02D41/40

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 138 909 A (ROBERT BOSCH GMBH) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Absätze '0005!, '0008!, '0085! - '0087!; Abbildung 8 -----	1,11
A	DE 199 30 309 A1 (SIEMENS AG) 11. Januar 2001 (2001-01-11) Spalte 1, Zeile 52 - Spalte 2, Zeile 6 -----	1,11
A	DE 103 11 540 A1 (SIEMENS VDO AUTOMOTIVE CORP., AUBURN HILLS) 8. Januar 2004 (2004-01-08) Absätze '0008!, '0022! - '0024!; Abbildungen 2a,2b,2c ----- -/--	1,11

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. April 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/04/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pileri, P

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 03/081007 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; BEILHARZ, JOERG; PIRKL, RICHARD; SCHMIDT,) 2. Oktober 2003 (2003-10-02) Seite 3, Zeile 27 - Zeile 30 Seite 5, Zeile 36 - Seite 6, Zeile 29 Abbildungen 3-6 -----	1,11

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Inter ☐ es Aktenzeichen  
PCT/EP2005/050096

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1138909	A	04-10-2001	EP	1138909 A1	04-10-2001
DE 19930309	A1	11-01-2001	KEINE		
DE 10311540	A1	08-01-2004	US	2003183204 A1	02-10-2003
WO 03081007	A	02-10-2003	WO	03081007 A1	02-10-2003
			EP	1488088 A1	22-12-2004